

- **С сухим сцеплением** – используют на автомобилях с маломощными двигателями до 250 Нм крутящего момента.

Плюсы Робота:

- Плавность переключения и хода
- Высокий КПД
- Экономичный расход топлива
- Высокая динамика
- Возможность выбора режима работы трансмиссии

Минусы Робота:

- Малая надежность, как самой конструкции, так и мехатроника
- Стоимость обслуживания и ремонта
- Чувствительность к тяжелым дорожным условиям

#### Литература

1. <https://www.drive.ru/technic/4efb332e00f11713001e3f50.html>
2. [https://www.atlantm.ru/expert/stats/stats\\_136.html](https://www.atlantm.ru/expert/stats/stats_136.html)
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
4. <https://online.favorit-motors.ru/article/rkpp>

#### **Электромобили – из прошлого в будущее!**

Студенты Прищепов Е.А., Алюшкевич Д.А., Гиль А.С.

Научный руководитель – доцент Швец И.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Электромобили становятся всё более популярными в автомобильном мире. Ожидается, что эти бесшумные экологически чистые и высокопроизводительные транспортные средства сделают двигатели внутреннего сгорания устаревшими к 2025 году.

Флагманом в производстве электромобилей является американская компания Tesla, основанная в 2003 году, названная в честь великого учёного Николы Теслы, который около 100 лет назад изобрел асинхронный или индукционный двигатель, являющийся важной частью автомобиля.

Асинхронный двигатель имеет две основные части: статор и ротор. Ротор-это просто набор электропроводящих стержней на

короткозамкнутых с торцов кольцами. Трёхфазный переменный ток подаётся на статор. Проходя по обмоткам трехфазный переменный ток создаёт вращающееся магнитное поле.



Рис. 1. Элементы асинхронного двигателя

Двигатель Тесла производит четырёхполюсное магнитное поле. Это вращающееся магнитное поле индуцирует ток в стержнях ротора, что заставляет ротор вращаться. В индукционном двигателе ротор всегда вращается несколько медленнее электромагнитного поля.

В асинхронном двигателе нет ни щёток, ни постоянного магнита. При этом он остаётся надежным и мощным. Преимущество асинхронного двигателя заключается в том, что его скорость зависит от частоты переменного тока. Таким образом, просто изменяя частоту тока в источнике питания можно изменить скорость вращения ведущих колес. Этот факт позволяет легко и надёжно контролировать скорость электромобиля. Питание двигателя осуществляется от частотно регулируемого привода, который в свою очередь контролирует скорость двигателя. Скорость варьируется от 0 до 18 тысяч оборотов в минуту. Это наиболее значительное достоинство электромобиля по сравнению с автомобилями с двигателем внутреннего сгорания.

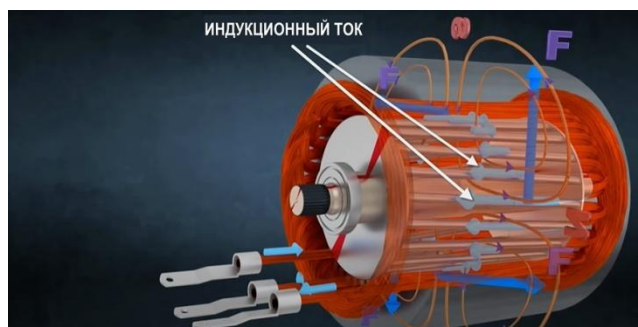


Рис. 2. Индукционный ток

Обычно используемый в автомобилях двигатель внутреннего сгорания (ДВС) обеспечивает полезный крутящий момент и выходную мощность только в ограниченном диапазоне скоростей. Поэтому прямое подключение двигателя к ведущим колесам не очень хорошая идея. Для изменения скорости привода необходимо ввести коробку переменных передач. Асинхронный двигатель напротив будет работать эффективно при любом диапазоне скоростей. Таким образом для электромобиля не надо коробка переменных передач. Кроме того, ДВС не создаёт прямого вращательного движения. Во вращательное движение преобразуется линейное движение поршня. Это создаёт серьёзные проблемы для механической балансировки и в отличие от асинхронного, двигатель внутреннего сгорания не запускается самостоятельно. Также выходная мощность ДВС всегда не равномерна. Требуются дополнительные механизмы для решения этой проблемы. В случае же с асинхронным двигателем есть возможность прямого вращательного движения и получения равномерной выходной мощности. Многие детали конструкции внутреннего сгорания здесь просто не нужны. В результате асинхронный двигатель обладает отличной скоростью реагирования и более высокой удельной мощностью на единицу веса транспортного средства, демонстрируя превосходную производительность автомобиля. Аккумулятор вырабатывает мощность постоянного тока поэтому перед подачей питания на двигатель он должен быть преобразован в переменный. Для этой цель используется инвертор- электронное устройство, управляющее частотой переменного тока, а, следовательно, и скоростью двигателя. Кроме того, инвертор может изменять амплитуду переменного тока, которая в свою очередь будет задавать выходную мощность двигателя. Другими словами, инвертор- это что-то вроде мозга электромобиля.

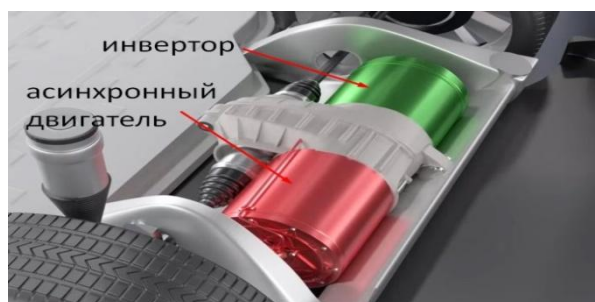


Рис. 3. Структура

Аккумуляторная батарея – это набор обычных литийионных элементов, подобным тем, которые используются в повседневной жизни. Элементы объединены в блоки и соединены параллельно, чтобы обеспечить мощность, необходимую для запуска электромобиля.



Рис. 4. Плоский батарейный блок

Гликолевый хладагент проходит по металлическим трубкам через зазоры, проходит между элементами аккумулятора – это нововведение тесла. Использование множество маленьких элементов вместо нескольких больших позволяет эффективно охлаждать систему, что сводит к минимуму возможность появления точек перегрева и даже позволяет распределить температуру равномерно, что приводит к увеличению срока службы батареи. Элементы объединены в съемные модули. В батарейном модуле имеется 16 модулей, состоящих из 7 тысяч элементов. Нагретый гликоль охлаждается, проходя через радиатор, который установлен в передней части двигателя. Плоский батарейный блок, будучи установлен близко к земле, позволяет снизить центр тяжести транспортного средства. Низкий центр тяжести значительно улучшает устойчивость автомобиля. Аккумулятор так же покрывает автомобиль по всей ширине, что обеспечивает структурную жесткость против боковых столкновений.

Мощность, производимая двигателем, передается на ведущие колеса через коробку передач. Двигатель имеет широкий диапазон выходной мощности и поэтому использует простую 1 скоростную коробку передач.



Рисунок 5. Задняя передача

Выходная скорость двигателя уменьшается в два этапа. Переход к задней передаче очень прост. Для этого надо изменить порядок чередования фаз в двигателе. Единственной целью коробки передач электромобиля является снижение скорости вращения и связанное с этим увеличение крутящего момента, второй компонент трансмиссии – дифференциал. После понижения скорости, сила передается к нему – это простой свободный дифференциал.

Однако такие дифференциалы имеют проблемы регулирования тягового усилия. Почему же в таком переводе автомобиля используется свободный дифференциал, а не дифференциал с повышенным внутренним сопротивлением? Ответ заключается в том, что свободный дифференциал является более надежным и передает больший крутящий момент. Проблема регулирования тягового усилия, возникающая при свободном дифференциале, может быть эффективно преодолена с помощью двух методов: селективное торможение и быстрое кратковременное отключение от источника мощности. Такие отключение посредством подачи топлива недостаточно оперативные. Однако в асинхронном двигателе возможно быстрое отключение питания, что является эффективным средством контроля тягового усилия. В Tesla этот процесс производится в соответствии с современным алгоритмом, и с помощью датчиков и контроллеров.



Рис. 6. Дифференциал

Проще говоря, Tesla Motors заменили сложную механическую систему высокочувствительным программным обеспечением. Электромобилем можно управлять лишь одной педалью. Это возможно благодаря его мощной рекуперативной системе торможения, которая позволяет экономить огромную часть кинетической энергии электричества, не теряя ее в форме выделяемого тепла. В электромобиле, как только вы нажимаете педаль акселератора, включается рекуперативное торможение. При этом во время этого торможения асинхронный двигатель работает как генератор. Известно, что в асинхронном двигателе скорость ротора меньше скорости электромагнитного поля. Чтобы преобразовать двигатель в генератор нужно сделать так, чтобы скорость ротора стала выше чем скорость электромагнитного поля. Инвертор играет здесь важную роль, регулируя частоту тока и поддерживая скорость электромагнитного поля, ниже скорости ротора. Это генерирует электричество в катушках статора, образуя больше электроэнергии чем требуется для работы электромобиля. Сгенерированный переизбыток электричества, может быть сохранен после его преобразования в аккумуляторные батареи. Во время этого процесса на ротор действует электродвижущая сила. Поэтому ведущие колеса и автомобиль будут замедляться. Таким образом скорость транспортного средства может контролироваться с помощью одной педали.

Стильные, инновационные электрокары Tesla – законодатели мод в автомобилестроении. На Tesla равняются мировые производители легкой автотехники, переходящие на выпуск электромобилей.

К основным преимуществам автомобилей этого бренда относятся:

- Экологическая чистота и бесшумность.
- Экономичность: сравнение стоимости зарядки Tesla и заправки автомобиля с ДВС указывает на 4-х кратную экономию Tesla.

- Функция автоматического вождения (автопилот): искусственный интеллект способен брать управление автомобиля в свои руки, контролируя дорожную обстановку в радиусе 250 м.
- Высокая технологичность: софт автомобиля мониторит и координирует функциональность механизмов Tesla.
- Безопасность: машины имеют высшую оценку экспертов по гарантиям защищенности находящихся в автомобиле пассажиров и водителя.
- Изысканный, «космический» дизайн. Интерьер и экстерьер Tesla отличается от автомобилей других производителей современными дизайнерскими решениями.
- Вместительность. Отсутствие топливного двигателя «добавило» передний багажник.

К недостаткам Tesly можно отнести продолжительность зарядки/подзарядки и «неподъемную» для среднего автомобилиста стоимость машин. Высокая цена на автомобили с электродвигателем предопределена стоимостью тяговых батарей (32% в смете расходов на изготовление Tesla Model). Глава компании анонсировал разработку и производство более дешевых и «вместительных» по емкости аккумуляторов, что дает возможность снизить стоимость автомобилей.

С 2022 г. Tesla намерена развернуть станции быстрой зарядки, «заправляющих» фирменные автомобили за 30 – 40 минут. Такое решение повысит количество желающих приобрести Teslu и оценить на практике передовые технологии.

#### Литература

1. Артоболовский, И. И. Механизмы в современной технике, т. 1, М., – 1970; Машиностроение. Энциклопедический справочник, т. 9, М., –1949, с. 95 –98.
2. Луканин В.Н., Шатров М.Г. Двигатели внутреннего сгорания. Книга 2. Динамика и конструирование. 3-е изд., перераб. – М.: Высш. шк. , 2007. – 400 с: ил.
3. Жук А.З., Клейменов Б.В., Фортов В.Е., Шейндлин А.Е. Электромобиль на алюминиевом топливе. – М.: Наука, 2012. – 171 с.